

KAJIAN STRUKTUR BETON PRATEKAN BENTANG PANJANG
DENGAN BEBAN GEMPA LATERAL PADA PROYEK GEDUNG RUMAH
SAKIT JASA MEDIKA

TUGAS AKHIR



Disusun oleh :

RUDI ANTORO
0853010069

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
JAWA TIMUR
2012

KAJIAN STRUKTUR BETON PRATEKAN BENTANG PANJANG DENGAN BEBAN GEMPA LATERAL PADA PROYEK GEDUNG RUMAH SAKIT JASA MEDIKA

RUDI ANTORO
NPM. 0853010069

ABSTRAK

Rumah Sakit Jasa Medika merupakan gedung yang terdiri dari sembilan lantai yang desain awalnya menggunakan beton pratekan pasca-tarik (post tension). Letak dari balok pratekan terdapat pada posisi lantai dua sampai lantai Sembilan, dengan dimensi balok 600x900 milimeter, bentang 14,4 meter dilantai dua dan tiga. Sedangkan dilantai empat sampai Sembilan dimensi baloknya 600x800 milimeter dan panjang bentang 14,4 meter.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas mengenai pengkajian dengan menganalisa perhitungan ulang kekuatan dari beton pratekan tersebut. Dengan tujuan mengetahui kekuatan balok pratekan yang direncanakan kuat atau tidaknya untuk memikul beban struktur bangunannya, beban hidupnya, maupun beban gempa lateralnya. Menurut ACI 318-08(American Concrete Institute) Pasal 21 menyebutkan bahwa prestress hanya boleh menerima 25 persen maksimal beban gempa lateral, pasal 23.2.1.3 SNI 03-2847-2002 menyebutkan bahwa perencanaan gedung pada wilayah gempa tinggi dapat didesain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk memikul gaya-gaya yang diakibatkan oleh gempa. Mengacu pada pasal-pasal tersebut struktur Gedung Rumah Sakit Jasa Medika yang terletak pada wilayah gempa tinggi. Dari kondisi bentuk gedung, maka gedung tersebut masuk dalam kategori gedung beraturan, pengaruh Gempa Rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa dinamis.

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah menghasilkan perhitungan analisa struktur beton pratekan yang rasional dengan memenuhi persyaratan keamanan struktur yang berdasarkan ACI 318M-08 mengijinkan tendon prestress menerima beban gempa lateral 25% dengan hasil tegangan yang terjadi telah memenuhi syarat dari kehilangan pratekan $10,057\% < 20\%$ dari jumlah total kehilangan, dimana tidak ada tegangan positif yang terjadi di penampang balok. Dari hasil perhitungan total lendutan untuk masing-masing tendon, lendutan yang terjadi hasilnya negatif yang berarti lendutan mengarah keatas berlawanan dengan lendutan yang terjadi. Dan untuk lendutan dengan kurun waktu sebesar 26,592 mm kearah atas.

Pada daerah dengan zona gempa kuat (wilayah gempa 5) desain menggunakan ACI 318-08 sangat efektif karena hasil dari tulangan dan dimensinya yang sesuai dengan ukuran penampang yang dibutuhkan. Untuk studi selanjutnya tidak menutup kemungkinan bahwa pada zona gempa sedang ataupun rendah akan mendapatkan hasil yang berbeda dengan acuan yang berbeda.

Kata Kunci : Beton Pratekan, Post Tension, Desain SRPMK, Beban Gempa Lateral, SRPMK, Prestress.

KATA PENGANTAR

Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Tugas Akhir ini sengaja dibuat sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

Dalam Tugas Akhir ini penyusun melakukan kajian struktur beton pratekan bentang panjang dengan beban gempa lateral pada proyek gedung rumah sakit jasa medika di Surabaya yang terletak pada wilayah gempa tinggi. Tugas akhir ini dibuat dengan tujuan dapat mendesain dan menganalisa balok pratekan dengan zona gempa yang tinggi mengacu pada aturan ACI 318-08 dan SNI 03-2847-2002.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini telah melibatkan bimbingan dari banyak pihak. Atas tersusunnya Tugas Akhir ini terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ir. Naniek Ratni JAR., M. Kes. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Bapak Ibnu Sholichin, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Drs. Ir. Made Astawa, MT. dan Bapak Sumaidi, ST. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendoakan dengan tulus dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Iwan Wajudijanto, ST., MT. Selaku dosen wali dan untuk Alm. Bapak Febru Djoko Handoyono, BE yang tiada lelah untuk memberikan motivasi serta mengajarkan banyak hal tentang Teknik Sipil.
5. Seluruh Dosen beserta staf Program Studi Teknik Sipil.
6. Seluruh teman-teman mahasiswa Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur yang telah membantu dan memberi semangat dalam menyelesaikan laporan ini.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan dari semua pihak untuk memberikan kritik dan saran untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini kedepan. Mudah-mudahan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca semua yang membutuhkannya.

Surabaya, Juni 2012

Penulis,

Rudi Antoro

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
ABSTRAK	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Lokasi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Umum	5
2.2. Prinsip-Prinsip Dasar Beton Patekan	6
2.3. Keuntungan dan Kerugian Beton Patekan	11
2.4. Perkiraan Kehilangan Gaya Patekan Total	12
2.4.1. Perpendekan Elastis Beton	13
2.4.2. Kehilangan Gaya Patekan akibat Rangkak Beton	16

2.4.3. Kehilangan Gaya Pratekan	
Akibat Susut Beton	19
2.4.4. Kehilangan Gaya Pratekan	
Akibat Relaksasi Baja	21
2.4.5. Kehilangan Pratekan	
Akibat Pergelinciran Angkur	23
2.4.6. Kehilangan Tegangan Akibat gesekan	25
2.4.6.1. Efek Kelengkungan	25
2.4.6.2. Efek Wobble	27
2.5. Beban Gempa Rencana	28
2.5.1. Kategori Gedung	29
2.5.2. Daktilitas Struktur	30
2.5.3. Pembebanan Gempa Nominal (v_n) dan Faktor Reduksi Gempa	31
2.5.4. Wilayah Gempa dan Spetrum Respon	33
2.5.5. Analisa Beban Statik Ekuivalen	36
2.6. Desain Kekuatan Geser	37
 BAB III METODOLOGI	 42
3.1. Pengumpulan Data	42
3.2. Pemodalan Struktur	43
3.3. Studi Literatur	43
3.4. Analisa Pembebanan	45

3.4.1. Beban yang Diperhitungkan	45
3.4.2. Kombinasi Pembebanan	47
3.5. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) ..	48
3.5.1. Komponen Struktur Lentur pada SRPMK	49
3.5.2. Komponen Struktur yang menerima Kombinasi Lentur dan Beban aksial pada SRPMK	53
3.6. Perencanaan Struktur Gedung	54
3.7. Perencanaan Balok Pratekan	59
3.8. Kontrol Desain	68
3.9. Metode Pelaksanaan	69
3.10. Gambar Detail	69
3.11. Bagan Alir Penyelesaian Proposal Tugas Akhir	70

BAB IV PERHITUNGAN BEBAN DAN STATIKA

STRUKTUR	71
4.1. Umum	71
4.2. Spesifikasi Data Perhitungan	71
4.3. Pembebanan	72
4.3.1. Perhitungan beban Pada Portal	74
4.4. Perhitungan Beban gempa	78
4.4.1. Respon Spektrum Gempa	78
4.4.2. Perhitungan berat struktur	78
4.4.3. Perhitungan Gaya Geser	84

4.4.4. Kontrol Partisipasi Massa	87
4.4.5. Kontrol Simpangan Antar Tingkat	88
 BAB V PERHITUNGAN STRUKTUR	
PRATEGANG	92
5.1. Umum	92
5.2. Tegangan Ijin Beton Prategang	93
5.3. Karakteristik Penampang Balok	95
5.4. Momen akibat Berat Sendiri dan Komposit	99
5.4.1. Akibat Berat Sebelum Komposit	99
5.4.2. Akibat Beban Mati dan Hidup	
Setelah komposit	100
5.4.3. Daerah Limit Kabel dan	
Gaya Awal Prategang	101
5.4.3.1. Desain Pendahuluan	101
5.4.4. Daerah Limit Kabel	102
5.4.5. Kontrol Tegangan	104
5.4.6. Penentuan Jumlah Strand	110
5.5. Penentuan Tracee Tendon	112
5.6. Kehilangan Pratekan	115
5.6.1. Kehilangan Prategang Langsung	117
5.6.1.1. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis	117
5.6.1.2. Kehilangan Akibat Wobble Efek	119

5.6.1.3. Kehilangan Akibat Slip Angkur	123
5.6.1.4. Kehilangan Rangkak Beton	127
5.6.1.5. Kehilangan Susut Beton	129
5.6.1.6. Kehilangan Relaksasi Tegangan Tendon ...	131
5.6.1.7. Kehilangan Total Pratekan	131
5.6.2. Kontrol Lendutan	132
5.6.2.1. Lendutan Ijin	133
5.6.2.2. Lendutan Awal Saat Jacking	133
5.6.2.2.1. Lendutan akibat Tekanan Tendon	133
5.6.2.2.2. Lendutan Akibat Tekanan Eksentrisitas Tendon	133
5.6.2.2.3. Lendutan Akibat Berat Sendiri	135
5.6.2.3. Lendutan Jangka Panjang	138
5.6.3. Kontrol Tegangan Saat Kehilangan Prategang Total	144
5.6.4. Kontrol Tegangan Akibat Beban Gempa 25%	148
5.7. Momen Retak	150
5.8. Penulangan pada Balok Pratekan	153
5.9. Penentuan Tulangan Pada Balok Prategang	160
 BAB VI PENUTUP	 163
6.1. Kesimpulan	163

DAFTAR PUSTAKA	166
LAMPIRAN	169

DAFTAR TABEL

2.1. Nilai Pendekatan Kehilangan Gaya Pratekan sistem	
Pasca-Tarik	13
2.2. Nilai K_{SH} Untuk komponen Struktur Pascatarik	20
2.3. Koefisien Gesek Kelengkungan dan Wobble Efek ...	24
2.4. Faktor Keutamaan Untuk Berbagai Kategori	
Gedung dan Bangunan	29
2.5. Parameter Daktilitas Struktur Gedung	33
4.1. Jumlah Beban Bangunan Keseluruhan	84
4.2. Gaya Tiap Lantai	87
4.3. Hasil Patisipasi Massa	88
4.4. Kontrol Kinerja Batas Layan Arah x	91
4.5. Kontrol Kinerja Batas Layan Arah y	91
5.1. Rasio Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Semen	
Portland Biasa	93
5.2. Jarak Tendon Tiap BAR	115
5.3. Kehilangan Perpendekan Elastis Pada Tiap tendon ..	119
5.4. Jarak tiap Kabel Terhadap cgc	121
5.5. Kehilangan Akibat Gesekan Pada Balok	123
5.6. Akibat Pergelinciran Angkur	125
5.7. Prosentase Kehilangan Tegangan Akibat	
Pergelinciran Angkur	126

5.8. Prosentase Kehilangan Rangkak Beton	
Pada Tiap Tendon	129
5.9. Kehilangan Total Pratekan Pada Balok	132
5.10. Nilai 25% Tegangan Akibat Beban Gempa	148

DAFTAR GAMBAR

1.1 Letak Lokasi Gedung	4
2.1 Skema cgc dan Diagram Tegangan	7
2.2 Skema cgc, cgs dan Diagram Tegangan	8
2.3 Perbandingan Antara Balok Beton Bertulang Dengan Balok Pratekan	9
2.4 Skema Tendon Parabola, Beban Merata dan Diagram Tegangan	10
2.5 Perpendekan Pada Beton Pratekan	14
2.6 Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Pada Efek Kelengkungan	25
2.7 Strong Column Weak Beam	35
2.8 Peta Wilayah Gempa Indonesia	35
2.9 Distribusi Tegangan Untuk Balok Persegi Panjang	40
2.10 Kondisi Tegangan Pada Elemen a_1 , a_2	40
3.1 Gaya Yang Bekerja Pada Penampang	52
4.1 Pembagian Pelat ke Balok	75
4.2 Lokasi Pelat	76
4.3 Pembebanan Pelat Atap	76
4.4 Pembebanan Pelat lantai Tipe A	77
4.5 Grafik Respon Spektrum Untuk Zona Gempa 5	79
5.1 Detail Ya dan Yb	97

5.2 Daerah Batas Tendon	98
5.3 Grafik Bidang M	100
5.4 Daerah Limit Kabel	103
5.5 Diagram Tegangan Sebelum Komposit	109
5.6 Diagram Sesudah Komposit Daerah Lapangan	109
5.7 Diagram Sesudah Komposit Daerah Tumpuan	109
5.8 Letak Tendon Pada Tumpuan dan Lapangan	113
5.9 Lengkung Parabola Pada Kabel	113
5.10 Jarak Tendon	114
5.11 Gambar Diagram Setelah Kehilangan Prategang	146
5.12 Gambar Diagram Tegangan Setelah Kehilangan Prategang	147
5.14 Tegangan Pada Tumpuan 25% Beban Gempa	149
5.15 Detail Tulangan Balok	160
5.16 Detail Bursting Steel	162
6.1 Tegangan Pada Tumpuan 25% Beban Gempa	164
6.2 Posisi Kabel Tendon	165

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia tingkat kependudukan sangatlah padat sejalan dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan atas layanan kesehatan yang layak, memadai maupun dekat dengan tempat tinggal menjadi suatu kebutuhan yang mendesak akan menjadi kepentingan utama bagi banyak orang. Dalam upaya memenuhi kebutuhan tersebut merupakan tantangan bagi para engineer untuk dapat menciptakan sarana dan prasarana yang kuat, aman, mudah dan cepat pelaksanaannya.

Surabaya sendiri sudah banyak sekali fasilitas-asilitas kesehatan yang sudah dibangun untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Terutama di Gedung Rumah Sakit Jasa Medika yang baru saja dibangun, terdiri dari sembilan lantai untuk beberapa lantai terdapat yang menggunakan beton prategang. Gedung tersebut membutuhkan ruangan yang sangat luas dan bebas halangan maka ada beberapa lantai tertentu yang sengaja sudah direncanakan tidak terdapat kolom. Dengan meniadakan kolom tengah pada lantai yang telah direncanakan, maka balok pratekan akan mempunyai bentang yang panjang, ukuran dimensi yang sangat khusus. Balok ini mempunyai ukuran yang besar dikarenakan menahan beban sembilan lantai dan beban lateral.

Menggunakan aplikasi beton pratekan pada gedung rumah sakit Jasa Medika dengan cara menganalisa, hasil dari perhitungan kemudian dibandingkan dari ketentuan ACI 318M-08 pasal 21 dengan membuktikan prestress hanya boleh

menerima 25% maksimal beban gempa lateral, dari hal ini dapat memberikan motivasi untuk mengangkat sebagai bahan kajian beton pratekan pada tugas akhir ini.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan data-data struktur beton prategang yang telah diulas tersebut, dapat ditarik permasalahan-permasalahan yang didapatkan :

1. Bagaimana cara menganalisa struktur beton pratekan balok bentang panjang dengan beban gempa lateral.
2. Bagaimana metode untuk membatasi defleksi (camber) keatas struktur balok prestress.
3. Bagaimana mengetahui jumlah tendon yang digunakan.
4. Bagaimana membagi kerja beban pada balok pratekan terutama pada tendon memenuhi standar yang diijinkan.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dalam kajian proposal ini adalah :

1. Untuk mengetahui balok pratekan sudah memenuhi persyaratan ACI 318M-08 dan beban gempa lateral.
2. Untuk mengetahui dimensi penampang balok pratekan memenuhi persyaratan dan peraturan SNI-03-2847-2002.
3. Untuk mengetahui jumlah dan tipe tendon yang digunakan.
4. Mengetahui pembagian kerja beban pada balok pratekan terutama pada tendon.

1.4. Ruang Lingkup

Untuk lebih jelasnya batasan-batasan yang ada dalam lingkup ini adalah :

1. Dalam kajian struktur gedung ini balok pratekan diambil salah satu untuk ditinjau dan dianalisa.
2. Analisa ini akan direncanakan untuk beberapa desain balok beton pratekan sesuai dengan persyaratan yang ada.
3. Tidak meninjau dari segi analisa biaya, arsitektural, dan manajemen konstruksi.
4. Meninjau pelaksanaan yang hanya berkaitan dengan perhitungan struktur.
5. Dalam hal ini tidak ada perhitungan hubungan balok kolom.
6. Sistem pada balok pratekan menggunakan Post Tensioning.
7. Tendon sistem tarik (jacking) penarikan kabel tendon dilakukan secara bersamaan.

1.5. Lokasi



Gambar 1.1 Letak Lokasi Gedung